



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY  
DENMARK

## Udførelse af simpel brudforsøg

Nielsen, Benjaminn Nordahl; Nielsen, Søren Dam

*Publication date:*  
2019

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*  
Nielsen, B. N., & Nielsen, S. D. (2019). *Udførelse af simpel brudforsøg*. Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg. DCE Lecture notes Nr. 58

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



**INSTITUT FOR BYGGERI OG ANLÆG**  
AALBORG UNIVERSITET

# **Udførelse af simpel brudforsøg**

**Benjaminn Nordahl Nielsen**  
**Søren Dam Nielsen**

Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Sektionen for byggeri og infrastruktur

**DCE Lecture Notes No. 58**

## **Udførelse af simpel brudforsøg**

Benjamin Nordahl Nielsen  
Søren Dam Nielsen

2019

© Aalborg Universitet

## Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

**Technical Reports** anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

**Technical Memoranda** udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

**Contract Reports** benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

**Lecture Notes** indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

**Theses** er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

**Latest News** rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2019 af  
Aalborg Universitet  
Institut for Byggeri og Anlæg  
Thomas Manns Vej 23  
DK-9220 Aalborg Ø, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-7286  
DCE Lecture Notes No. 58

## **Udgivelser i DCE Lecture Note serien**

Nielsen, B.N. og Nielsen, S.D. 2019, Beregningsmetodik for forankret spunsvæg uden flydecharnier, DCE Lecture note no. 45, Aalborg Universitet, Institut for byggeri og anlæg, Aalborg.

Nielsen, B.N. og Nielsen, S.D. 2019, Beregningsmetodik for forankret spunsvæg med et flydecharnier, DCE Lecture note no. 46, Aalborg Universitet, Institut for byggeri og anlæg, Aalborg.

## Forord

Denne vejledning omhandler måling af deformationer til brud ved studenterforsøg til illustration af friktionsvinkler på Baskarpsand nr. 15 del 1.

Vejledningen er en del af en serie, der beskriver udførelsen af geotekniske klassifikationsforsøg og øvrige forsøg som de foretages i laboratoriet for fundering ved Aalborg Universitet.

Vejledningen er opbygget på følgende måde:

- *Definitioner*
- *Apparatur*
- *Kalibrering af udstyr*
- *Klargøring af prøvemateriale*
- *Forsøgsprocedure*
- *Beregninger*
- *Rapportering*
- *Bemærkninger*
- *Skema til brug for forsøgsudførelse*
- *Evt. bilag*

Det må anbefales brugeren af denne vejledning at læse hele vejledningen igennem inden forsøget påbegyndes.

Nummerering på figurer er i teksten angivet med { }.

Enheder er angivet med [ ], f.eks. [%].



## Definitioner

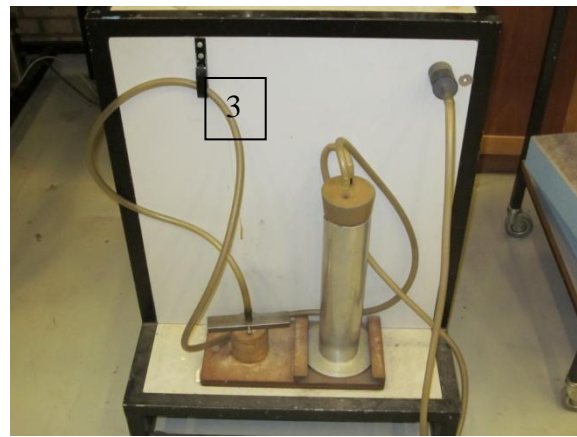
Forsøget bruges til illustration af friktionsvinkler på Baskarpsand nr. 15. Forsøget består af en prøvetildannelse, en deformationsfase og en brudfase.

Forsøget skal udføres ved flere forskellige belastninger, f.eks. 10 kg, 20 kg, 30 kg, 40 kg og 50 kg ved både løs- og fastlejring.

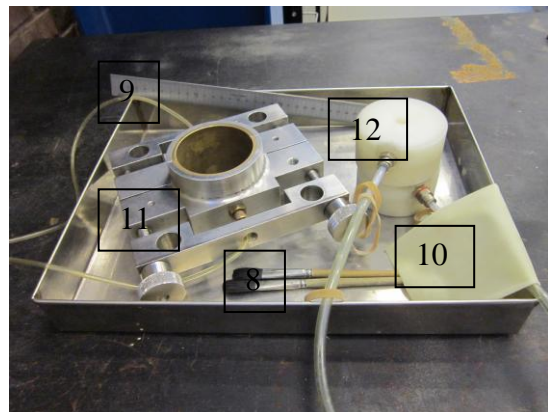
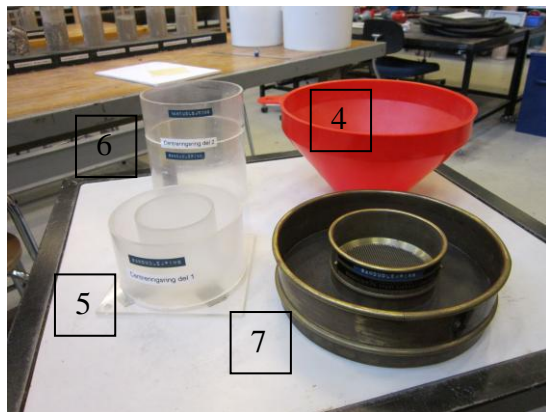
## Apparatur

Apparaturliste numrene henviser til figur 1 til 2.

- Simpelt brudapparat med vægtarm og måleur {1}
- Styringstavle med vakuumpumpe {2}
- Vægtlodder
- Specialstøvsuger med tud der passer til centreringsring ved udlejring {3}
- Vægt, vejenøjagtighed 0,1 g
- Skåle i korrosion bestandigt materiale
- Tragt {4}
- Centreringsring del 1 - med opsamlingskar {5 }
- Centreringsring del 2 – til fast lejring {6}
- Sigter på hhv. 1 og 2 mm {7}
- Børste/pensel {8}
- Lineal {9}
- Membran (membranens længde er 150 mm) {10}
- Sandform {11}
- Trykhoveder {12}



Figur 1: Simpelt brudapparat med styringstavle samt specialstøvsuger.



Figur 2: Apparatur til prøvetildannelse samt sandform og trykhoveder.

## Kalibrering af udstyr

Apparaturerne der anvendes til dette forsøg kræver ikke kalibrering. Dog skal der ved vakuumpumpen inden hvert forsøg aflæses maksimal tryk i kPa. Membranen skal kontrolleres for utætheder.

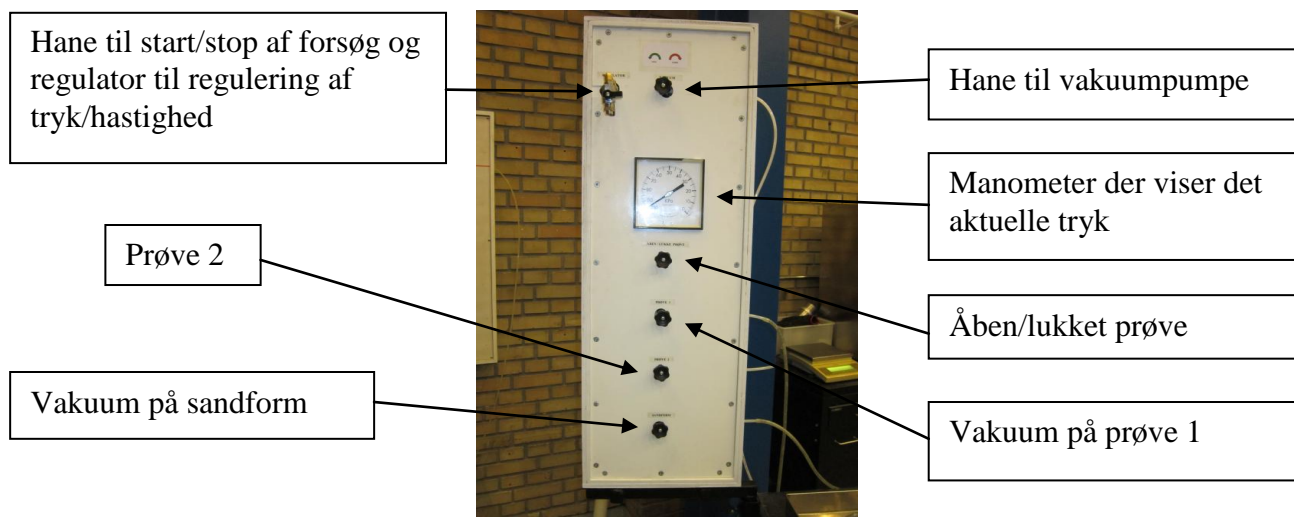
## Klargøring af prøvemateriale

En passende prøvestørrelse (ca. 2,0 kg) tørres ved 105°C til konstant vægt forud for forsøget, jf. vejledning til bestemmelse af vandindhold.



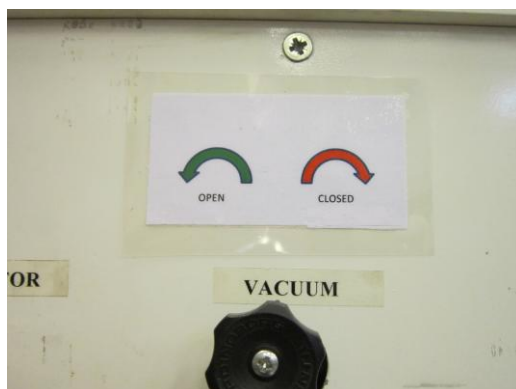
## Forsøgsprocedure

- Vakuumpumpe startes. Vakuumpumpen er placeret på en hylde nede under rullebordet.
- Figur 3 viser et billede af styringstavlen. Til dette forsøg bruger ikke "Prøve 2" på styringstavlen.



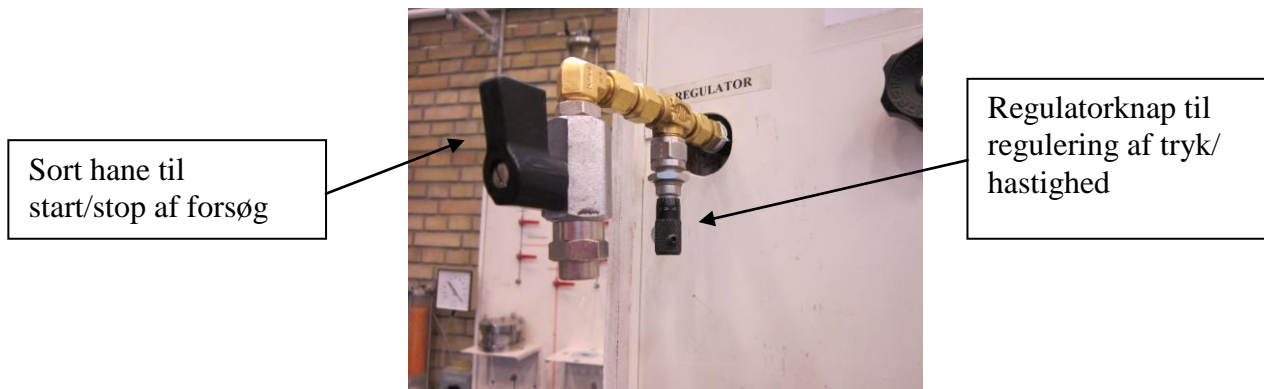
Figur 3: Styringstavle forud for forsøg hvor alle haner er lukket.

- Alle haner skal være i lukket position, undtagen "åben/lukket prøve" når forsøget startes og vakuumpumpen skal være tændt. Kontrollere at dette også er tilfældet, figur 4.



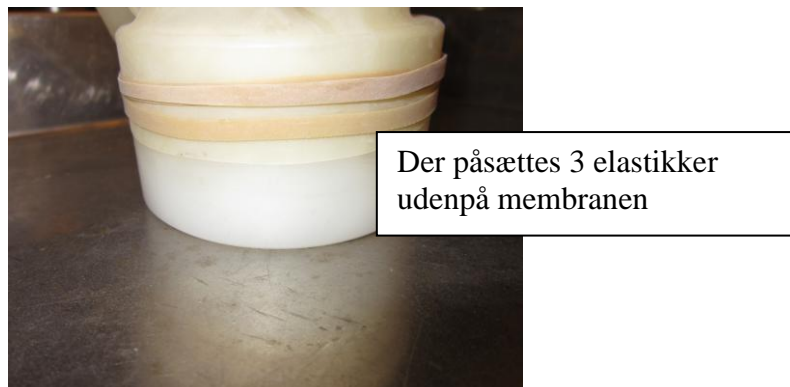
Figur 4: Lukket/åben position

- Regulering af tryk åbnes og afprøves ved forsøgsopstart, trykket forbliver åbent. Dette sker ved at sort hane åbnes (vende lodret). Når den sorte drejeknap er helt drejet op er den lukket. Den sorte drejeknap løsnes lidt (dette sker ved at dreje den mod højre) og man vil nu kunne se at trykket falder meget langsomt. Der vælges det tempo som forsøget skal køres ved og derefter lukkes der for sort hane. Det er vigtigt at reguleringen af trykket ikke foretages i ryk men i en glidende bevægelse under forsøget, figur 5.



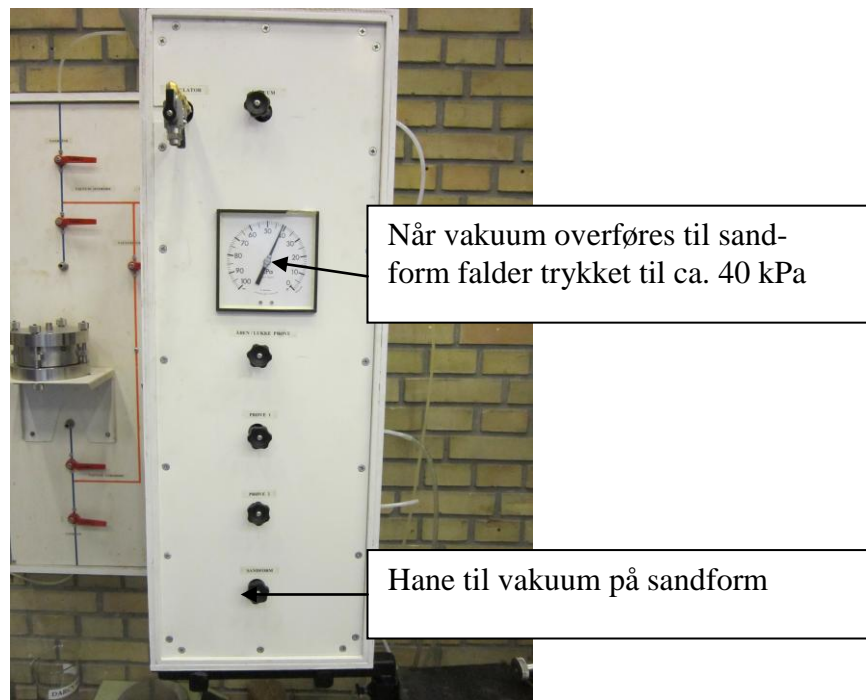
Figur 5: Sort hane og regulatorknop.

- En passende prøvestørrelse vejes (ca. 2,0 kg) og noteres i skema.
- Nedre trykhoved {12} placeres på bakke med den indbyggede filtersten opad og membran placeres på trykhovedet. Membranen fastgøres med 3 elastikker. De første 2 elastikker sættes ovenpå hinanden udenpå membranen. Det 3. elastik sættes lige nedenfor de 2 andre elastikker. Elastikkerne skal slutte helt tæt på membranen. Der må ikke være rynker på membranen, figur 6.

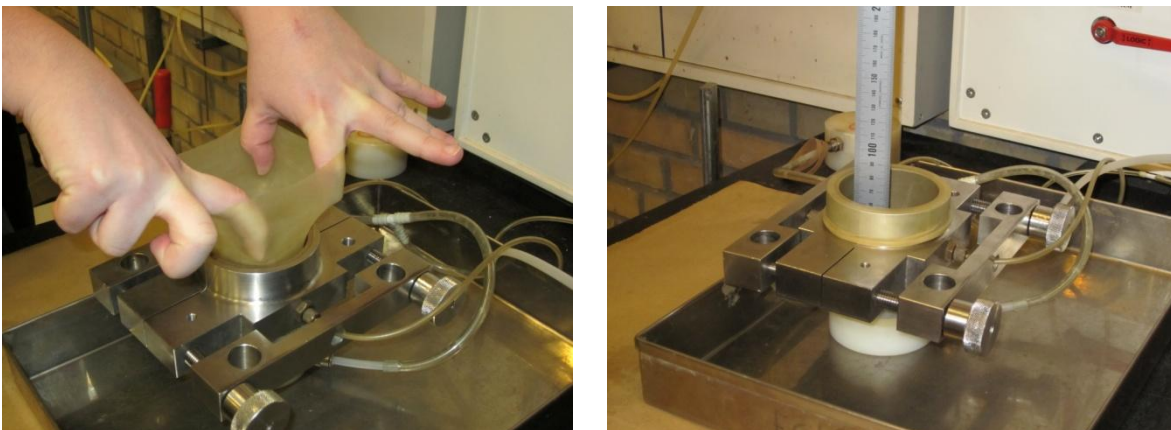


Figur 6: Membran med elastikker på nedre trykhoved.

- Sandformen - som er spændt sammen - placeres forsigtigt på nedre trykhoved og membranen føres op gennem sandformen (pas på ikke at klemme hul i membranen), figur 6.
- Der åbnes for vakuum på sandformen, figur 7 og membranen trækkes op over sandformens kant. Membranen trækkes opad samtidigt med at den krænges ud over sandformen. Der må ikke være rynker på membranen, figur 8.
- Den indvendige højde og diameter på prøven måles, figur 8.



Figur 7: Vakuum på sandform.



Figur 8: Membran i sandform og måling af prøvens højde og diameter.

### Opstilling til løs lejring:

- Prøven indlejres som løs lejring. Dette gøres ved at placere centreringsring med opsamlingskar mærket "centreringsring del 1" ovenpå sandformen og herefter sigterne herpå. Øverst placeres tragten, figur 9. Sandet hældes i tragten så sandet render gennem tragten ned gennem sigterne og videre ned i centreringsringen inden det kommer ned i sandformen med vores membran. Sandet kommer i tragten ved at hælde det med en jævn bevægelse fra side til side i tragten så der kommer lige meget sand over hele prøven, figur 7.



**Figur 9: Opstilling til løs lejring.**

### **Opstilling til fast lejring:**

Prøven indlejres som fast lejring. Dette gøres ved at indsætte "centreringsring del 1" og herpå "centreringsring del 2" ovenpå sandformen og herefter sigter herpå. Øverst placeres tragten, figur 10. Sandet hældes i tragten så sandet render gennem tragten ned gennem sigterne og videre ned i centreringsringene inden det kommer ned i sandformen med vores membran. Sandet kommer i tragten ved at hælde det med en jævn bevægelse fra side til side i tragten så der kommer lige meget sand over hele prøven, jf. figur 11. Forskellen på løs og fast lejring ved dette forsøg er faldhøjden.



**Figur 10: Opstilling til fastlejring.**



**Figur 11: Indlejring af prøve.**

- Tragten fjernes (børstes ren ned i sigterne) og overskydende materiale støvsuges op med specialstøvsugeren i centreringsringen inderste ring (inden støvsugeren tændes skal det kontrolleres at den er tømt for materiale), figur 12. Højden på mundstykket af støvsugeren er indstilles således, at når den tværgående plade hviler ovenpå centreringsringen passer det med at efter støvsugning har prøven en smule overhøjde, der kan bruges til afretning.
- Støvsugerens beholder tømmes for sand og sandet hældes i den oprindelige skål.
- Centreringsringen fjernes og overskydende materiale kommes tilbage i den oprindelige skål.

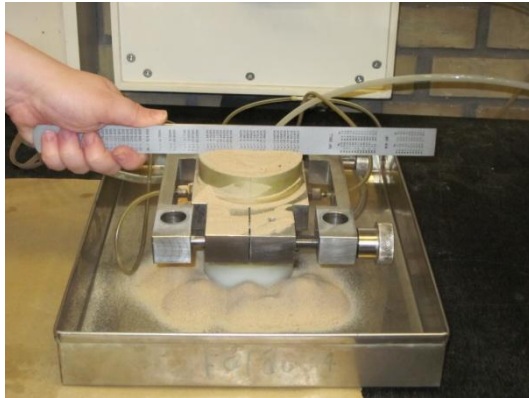


**Figur 12: Støvsugning af overskydende materiale.**

- Prøven afrettes, dette gøres med en stållineal langs oversiden af sandformen, idet linealen bevæges fra midten og ud mod siderne, figur 13.

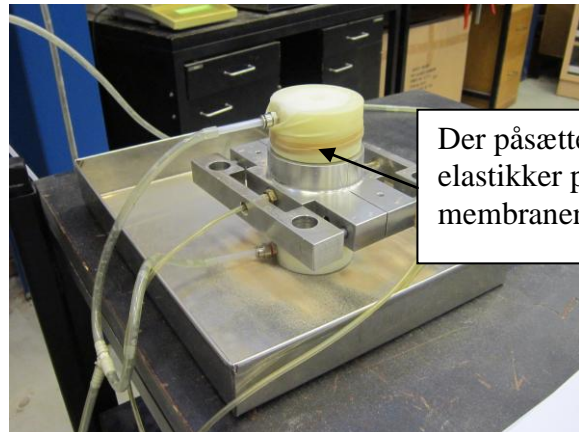
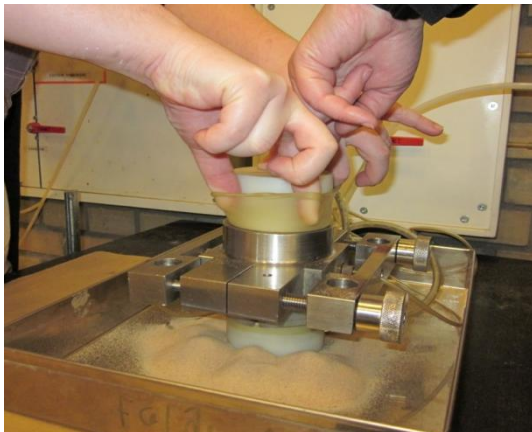


- Prøve, membran og sandform børstes rene. Sørg for at sandet der børstes væk fra membranen ender i stålbakken, da vi skal bruge vægten af sandet. Det vandrette stykke af membranen børstes eventuelt rent med en finger for ikke at forstyrre prøven, figur 13.



**Figur 13: Afretning af prøve og rengøring af membran.**

- Øvre trykhoved med filterstenen nedad placeres på prøven og membranen trækkes op over trykhovedet og fastgøres med 3 elastikker. De første 2 elastikker sættes ovenpå hinanden udenpå membranen. Det 3. elastik sættes lige ovenfor de 2 andre elastikker. Elastikkerne skal slutte helt tæt på membranen. Der må ikke være rynker på membranen, figur 14.



Der påsættes 3 elastikker på membranen

**Figur 14: Øvre trykhoved placeres og membran trækkes op på plads.**

- Der åbnes for vakuum på prøven (mærket prøve 1 på styringstavle), figur 15.
- Vakuum på sandformen lukkes, figur 15.



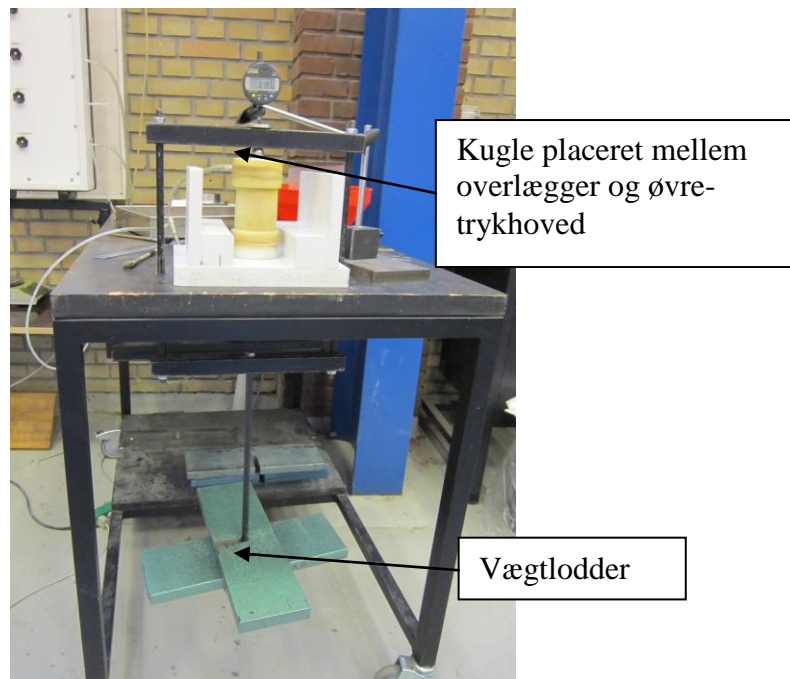
**Figur 15: Der åbnes for vakuum på prøve og vakuum på sandform lukkes.**

- Sandformen fjernes, dette gøres ved at løsne skruerne (links gevind = der skrues mod højre). Der børstes ren for sand. Sandet hældes tilbage i den oprindelig skål og vejes, figur 16.



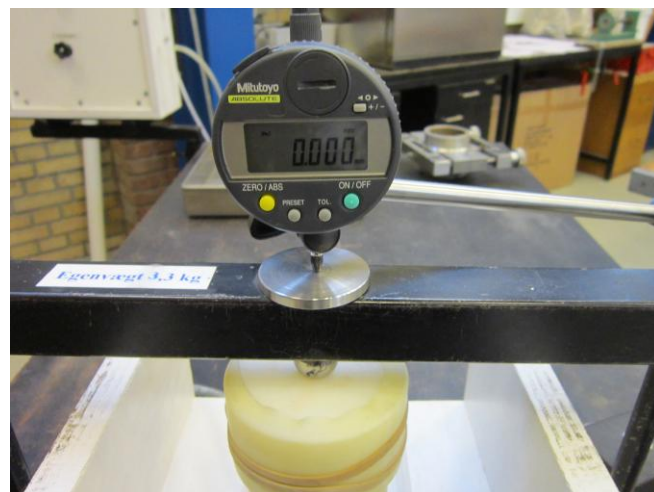
**Figur 16: Sandform fjernes og prøve børstes ren.**

- Prøven hvorpå kuglen er placeret på øvre trykhoved centreret i apparat. På undersiden af overlæggeren over prøven, er der en udformning, hvori kuglen skal placeres, figur 17.
- Den forudbestemte vægt placeres på vægtarmen, figur 17.



Figur 17: Prøve centreret i apparat og vægtlodder placeres.

- Kontroller at sort hane ved regulatorknap til at styre trykket med, er helt lukket, figur 3.
- Måleur centreret og indstilles på 0,00 på digitalt måleur og vakuum lukkes på styringstavlen, figur 18 og 19.



Figur 18: Prøve centreret i apparat.

- Vakuumpumpe slukkes.

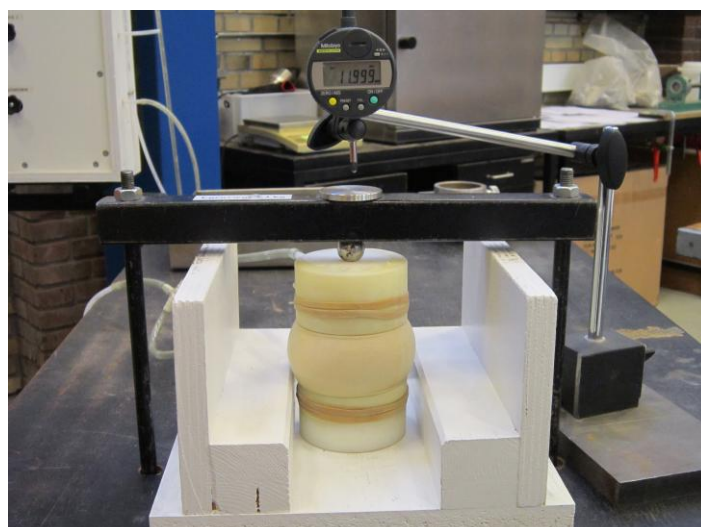


Vakuum lukkes



Figur 19: Vakuumpumpe slukkes og styringstavle under forsøg.

- Noter trykket fra styringstavle og mm fra måleur ved tryk på  $\sim 100$  kPa som er vores udgangspunkt, figur 20.
- Trykket vil ved opstart af forsøget være på maksimalt tryk. Trykket reduceres med 5 kPa indtil ca. 70 - 60 kPa og aflæsning af deformation i mm fra måleuret noteres, dette foretages ved hver reducereing. Reducering af trykket skal ske "flydende", figur 20.
- Fra ca. 70 - 60 kPa til ca. 50 - 40 kPa reduceres trykket med 2 kPa og aflæsning på måleuret noteres, dette foretages ved hver reducereing.
- Fra ca. 50 - 40 kPa til brud reduceres trykket med 1 kPa og aflæsning af måleuret noteres, dette foretages ved hver reducereing, figur 21.



Figur 190: Prøve efter brud.

Nedenstående tabel er vejledende og angiver hvordan trykket skal reduceres ved forskellige belastninger i løst lejret Baskarpsand.

	Lod = 10 kg	Lod = 20 kg	Lod = 30 kg	Lod = 40 kg	Lod = 50 kg
Tryk reduceres med 5	100 - 60	100 - 60	100 - 60	100 - 70	100 - 70
Tryk reduceres med 2	60 - 40	60 - 40	60 - 40	70 - 50	70 - 60
Tryk reduceres med 1	40 - brud	40 - brud	40 - brud	50 - brud	50 - brud

Nedenstående tabel er vejledende og angiver hvordan trykket skal reduceres ved forskellige belastninger i fast lejret Baskarpsand.

	Lod = 10 kg	Lod = 20 kg	Lod = 30 kg	Lod = 40 kg	Lod = 50 kg
Tryk reduceres med 5	100 - 60	100 - 60	100 - 70	100 - 70	100 - 70
Tryk reduceres med 2	60 - 40	60 - 40	70 - 50	70 - 50	70 - 50
Tryk reduceres med 1	40 - brud	40 - brud	50 - brud	50 - brud	50 - brud

- Prøven udtaget af simpelt brudapparatet efter endt forsøg, og membranens indvendige side samt trykhovederne børstes rene for sand. Mængden af materiale vejes i særskilt skål (som kontrolvejning), figur 21.



**Figur 201: Membran rengøres efter forsøg.**

## **Beregninger**

Se simpelt brudforsøg del 2.

## **Rapportering**

Deformation på måleuret aflæses med 3 decimaler.

## **Bemærkninger**

Det er vigtigt, at man ikke rører ved bordet eller lodderne under selve forsøgsudførelsen, da det kan have indvirkning på deformationerne og på hvornår bruddet opstår.

Sag			Sag nr.
Undersøgt d.	til	Lab. nr.	Boring nr.
Kontr. d.	Godk. d.	Kote	Bilag nr.

## Simpelt brudforsøg

[illegible]

